



2019년
시험보고서

SD 랫드를 이용한 Butanedioic acid의 급성흡입독성시험

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



요 약 문

Butanedioic acid의 급성흡입독성을 확인하기 위하여 5 mg/L의 노출농도로 암·수 각 3 마리의 SD 랫드에 4 시간 동안 비부흡입 노출시켰다. 노출시간 동안 챔버내 환경 및 시험물질의 농도를 측정하였고, 챔버내 시험물질의 입경분포를 측정하였다. 노출 종료 후에는 14 일간 일반증상, 체중변화를 관찰하였고 실험종료 후 실험동물을 부검하여 육안소견을 관찰하였다.

노출시간 동안 챔버내 Butanedioic acid의 평균농도는 4.878 ± 0.228 mg/L였다. 그리고 5 mg/L의 농도에서 발생 중 에어로졸의 MMAD(Mass Median Aerodynamic Diameter)는 $5.096 \mu\text{m}$ 로 측정되었으며, GSD(Geometric Standard Deviation)는 1.8 로 측정되었다.

OECD Guideline for the Testing of Chemicals Section 4 Health Effects Test No. 436 Acute Inhalation Toxicity - Acute Toxic Class Method - Annex 3d(급성독성등급법)에 의한 시험결과 5 mg/L의 농도로 노출된 모든 실험동물에서 사망 및 빈사는 관찰되지 않았다.

중심단어 : Butanedioic acid, 흡입독성, TG436

차 례

요약문	2
I. 서론	6
1. 시험배경	6
2. 시험목적	6
II. 시험방법	7
1. 시험물질 및 대조물질	7
2. 노출	7
3. 챔버 및 챔버내 환경	8
4. 노출 측정/평가 항목	8
5. 시험계	8
6. 동물실 및 사육관리	8
7. 사료, 음용수 및 깔짚	9
8. 실험 설계	9
9. 관찰 및 측정	9
10. 부검	10
11. 자료 분석	10
III. 시험결과	11
1. 챔버내 시험물질 농도 및 입경분포	11
2. 일반증상	11
3. 체중 측정	11
4. 부검소견	11
IV. 고찰 및 결론	12
참고문헌	14

그림 차례

[그림 1] 실측 농도 (5 mg/L)	16
[그림 2] 입자크기 및 입경분포 (5 mg/L)	17
[그림 3] 수컷 시험군의 체중변화	18
[그림 4] 암컷 시험군의 체중변화	19

표 차 례

<표 1> 비부노출 흡입챔버 환경측정	21
<표 2> 챔버내 농도	22
<표 3> 입자크기 및 입경분포	23
<표 4> 일반증상	24
<표 5> 체중측정	26
<표 6> 부검소견	27

I. 서론

1. 시험배경

Butanedioic acid는 커넥터, 절연체 등의 전자산업 소재로 쓰이기도 하며, 휠 커버, 변속기오 손잡이 등 자동차 산업에 쓰이기도 한다. 그리고 식품첨가물 및 식이 보충제의 성분으로 FDA에서 인정되었으며, 식품 및 음료산업에서 주로 산도조절제로 사용된다. 또한 의약품의 부형제로서 산도를 조절하는데 사용되기도 한다.

2. 시험목적

SD 랫드를 이용하여 시험물질인 Butanedioic acid의 단회 비부흡입노출 시 나타나는 급성흡입독성을 확인하기 위하여 실시하였다.

II. 시험방법

1. 시험물질 및 대조물질

본 시험에 사용된 시험물질인 Butanedioic acid은 흰색 분말로 99.6 % 순도의 물질을 사용했으며 대조물질은 사용하지 않았다.

2. 노출

2.1. 노출방법

분진발생장치(Dust Generator, Topas, Germany)에 넣은 후 청정공기를 주입하여 시험물질을 분무시켰다. 분무전 시험물질이 발생에 적합하도록 막자사발에 곁게 갈아 시험에 이용하였다. 분무된 시험물질은 청정공기를 혼합하여 설정된 농도로 비부노출 흡입챔버내에 공급하였다. 시험물질은 1 일 1 회, 4 시간동안 실험동물에게 설정된 농도로 비부 노출하였다.

2.2. 노출경로 선택 이유

Butanedioic acid은 이를 취급하는 작업장에서 노동자에게 흡입으로 노출되어 건강에 영향을 줄 수 있는 산업화학물질이다. 따라서 본 시험은 작업장 노동자의 건강장해 예방을 위한 유해성·위험성 평가자료를 확보하기 위하여 노동자의 주 노출경로인 호흡기를 노출경로로 선택하였다.

2.3. 분석방법

설정농도는 Butanedioic acid의 사용량을 비부노출 흡입챔버에 공급한 희석 공기의 비로 계산하여 구하였다. 그리고 실측농도는 비부노출 흡입챔버내 실험동물의 호흡영역에서 시험물질 노출 4 시간 동안 개인시료포집기를 이용하여 25 mm glass fiber filter에 3 회 포집하여 포집 전·후 필터 무게를 칭량하여 질량농도를 산출하였다.

3. 챔버 및 챔버 내 환경

시험에 비부노출 흡입챔버를 이용하였으며, 챔버내 환경조건은 30 분 간격으로 측정하였다. 측정된 비부노출 흡입챔버내 환경조건은 [표 1]과 같았다.

4. 노출 측정/평가 항목

흡입챔버 내 시험동물의 호흡구역 근처에서 시험물질의 농도를 측정하여 구하였다. 각 농도별 시험물질의 농도는 노출기간 중 3회 이상 측정하였다.

5. 시험계

종	랫드(특정병원체부재 (SPF; Specific Pathogen Free))
계통	SD
입수동물수	26 마리(수컷 13 마리, 암컷 13 마리)
투여동물수	6 마리(수컷 3 마리, 암컷 3 마리)
입수시 주령	약 7 주령
투여개시시 주령	약 8 주령
공급원	중앙실험동물 06762 서울특별시 서초구 바우뚝로7길 7 건빌딩 5층 생산원 : SLC, Japan (3371-8 Kotoh-cho, Hamamatsu, Shizuoka Prefecture 431-1103, Japan)
개체식별	Color marking, Tail tattoo, Cage card
순화기간	6 일

6. 동물실 및 사육관리

검역 및 순화기간 동안에는 3마리 이하로 폴리선폰케이지(W310 x L500 x H200 mm)에서 사육하고 노출시에는 비부노출 흡입시험용 튜브에 수용하여 시험물질에 노출시켰다. 동물실 환경은 온도 $22\pm3^{\circ}\text{C}$, 상대습도 $50\pm20\%$, 조명은 12시간 단위의 명암 주기, 조도 150~300 Lux, 환기회수 10~20 회/시간을 유지하였다.

7. 사료, 음용수 및 깔짚

감마선 멸균된 실험동물용 고형사료(Teklad Certified Irradiated Global 18% Protein Rodent Diet 2918C, ENVIGO RMS, Inc., USA)를 자유 급여하였다. 사료는 공급업체에서 검사성적서를 받아 확인하였다.

음용수는 미세여과기와 자외선 유수살균장치를 통과한 상수도수를 자유급여하였다. 실험동물에 공급되는 물은 년 1회 국가공인 검사기관((주)신성생명환경연구원, 충남 당진시 서해로 6163-36) 에서 검사하여 검사하였다.

실험동물용 깔짚(ABEDD LAB & VET Service GmbH, Austria)을 고압증기 멸균하여 사용하였다. 깔짚은 오염물질에 대한 분석성적서를 공급처에서 제공받아 확인하였다.

8. 실험 설계

군 구성 및 노출농도는 아래와 같이 설정하였다.

Group	Phase	Concentration (mg/L)	Sex	No. of Animals	Animal ID
G1	1st	5	Male	3	1 - 3
			Female	3	13 - 15

9. 관찰 및 측정

9.1. 일반증상 관찰

노출 당일에는 노출 후 0.5 및 1 시간에 일반증상(독성징후의 종류, 발현시기, 회복시기 등) 및 사망 유무를 관찰하였으며, 노출 후 1 일부터 14 일까지 매일 1 회 일반증상을 관찰하였다.

9.2. 체중 측정

동물의 체중은 입수시, 노출 당일, 노출 후 1, 3, 5, 7 일 및 10, 14 일에 측정하였다.

10. 부검

관찰기간 종료 후 모든 생존동물에 대해서는 isoflurane로 흡입 마취하에 방혈 치사한 후 부검을 실시하였다. 부검을 실시한 모든 동물에 대해서는 전신의 장기·조직에 대하여 상세한 육안검사를 실시하였다.

11. 자료 분석

시험기간 중 수집된 자료는 최종보고서에 군간 평균과 표준편차로 나타내었다. 그리고 시험자료의 통계학적 분석은 실시하지 않았다.

Ⅲ. 시험결과

1. 챔버내 시험물질의 농도 및 입경분포

[그림 1~2], <표 2~3>

노출시간 동안 G1군의 챔버내 Butanedioic acid 실측 평균농도는 4.878 ± 0.228 mg/L로 측정되었다. 목표농도인 5 mg/L와의 오차는 -2.44 % 였다. 그리고 설정농도(Nominal concentration)는 29.397 mg/L로 측정되었다.

5 mg/L를 챔버내 목표농도로 하여 시험물질 발생 중 에어로졸의 MMAD(Mass Median Aerodynamic Diameter)는 $5.096 \mu\text{m}$ 로 측정되었고, GSD(Geometric Standard Deviation)는 1.8로 측정되었다.

2. 일반증상

<표 4>

시험물질에 노출된 모든 실험동물에서 비정상적인 일반증상 또는 빈사 및 사망이 관찰된 개체는 없었다.

3. 체중 측정

[그림 3~4], <표 5>

모든 시험물질 노출군에서 비정상적 체중감소가 관찰되지 않았다.

4. 부검소견

<표 6>

실험종료 후 계획부검한 모든 실험동물에서 비정상적 부검소견은 관찰되지 않았다.

IV. 고찰 및 결론

시험물질의 급성흡입독성을 조사하기 위하여 SD 랫드에 5 mg/L의 노출농도로 시험물질을 4 시간동안 노출시킨 후 나타나는 일반증상, 체중변화를 관찰하고 시험종료시 부검을 실시하여 육안으로 각 주요 장기의 독성을 확인하였다.

시험물질의 노출농도는 OECD TG 436 Acute inhalation toxicity - Acute class toxic method; Annex 3d에 따라 결정하였다. 동 가이드라인에서 제시하는 최고 농도인 5 mg/L을 최고농도로 하여 4 시간 동안 노출시켰다. 5 mg/L의 농도로 노출된 모든 시험동물의 사망 및 비정상적인 일반증상은 관찰되지 않았다. 그래서 1, 0.5, 0.05 mg/L 농도 시험물질의 실험동물 노출은 실시하지 않았다. 시험물질의 노출형태는 먼지상(Dust)으로 하였으며, 시험물질 노출시 각 실측 평균농도는 4.878 mg/L로 측정되었다. 목표농도인 5 mg/L와의 오차는 -2.44 %로 에어로졸에 대한 흡입시험 규정($\leq \pm 20$ %)에 부합되었다.

설정농도(Nominal concentration) 값은 29.397 mg/L로 측정되었으며, 설정농도 대비 실측농도(Actual concentration)의 비율은 16.59 %로 측정되었다. 이는 시험에 이용된 비부노출 흡입챔버의 구조상 시험물질이 공급되는 내부 실린더와 호흡된 공기가 배출되는 외부실린더로 구성되어 있고 먼지상(Dust)으로 발생한 시험물질 중 입자의 크기가 실험동물의 호흡구역에서 측정된 시험물질의 MMAD (Mass Median Aerodynamic Diameter) 보다 큰 경우 시험물질이 공급되는 내부 실린더에 쌓이고 MMAD와 가까운 입자크기를 가지는 시험물질만이 실험동물의 호흡구역 앞의 노출노즐(Injection nozzle)을 통해 실험동물에게 노출되어 실험동물의 호흡구역에서 측정되는 실측값과 설정농도의 비가 크게 차이나는 결과가 나타나는 것으로 판단된다.

5 mg/L의 농도에서 측정된 MMAD(Mass Median Aerodynamic Diameter)의 값은 5.096 μm 로 OECD TG436에서 권고하는 1 ~ 4 μm 의 입자크기에 부합하지는 않았다. 그리고 측정된 GSD(Geometric Standard Deviation)의 값 1.8 은 동 가이드라인에서 권고하는 범위 1.5 ~ 3.0 에 부합되며 발생한 입자의 크기가 MMAD(Mass Median Aerodynamic Diameter) 값에 높게 수렴함을 확인하였다.

5 mg/L의 농도로 노출된 모든 실험동물에서 사망, 비정상적인 일반증상 및 체

중감소는 관찰되지 않았다. 또한 실험 종료시 안락사하여 부검을 실시한 결과 시험물질에 의한 이상소견은 관찰되지 않았다.

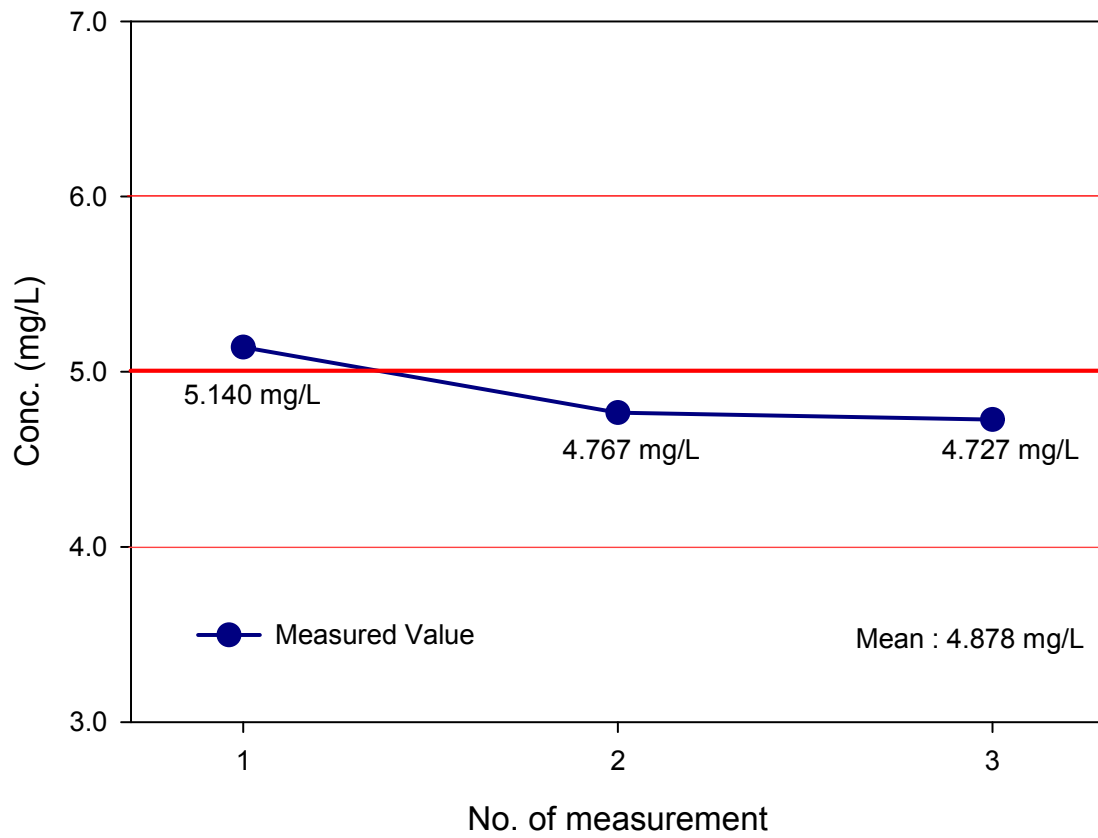
OECD Guideline for the Testing of Chemicals Section 4 Health Effects Test No. 436 Acute Inhalation Toxicity - Acute Toxic Class Method - Annex 3d(급성독성등급법)에 의한 시험결과 5 mg/L의 농도로 시험물질에 노출된 모든 실험동물의 빈사, 사망은 관찰되지 않았다.

참고문헌

- 1) 국립환경과학원 고시 제2018-12호(2018.04.09.) 화학물질 시험방법에 관한 규정
별표 화학물질의 시험방법 제5장 건강영향 시험분야 제39항 급성흡입독성시험
(급성독성등급법)
- 2) OECD Guidelines for the Testing of Chemicals Section 4 Health Effects Test
No. 436 Acute Inhalation Toxicity - Acute Toxic Class Method (07
September 2009)
- 3) Ashford's Dictionary of Industrial Chemicals, Third edition, 2011
- 4) Biotechnology of succinic acid production and markets for derived industrial
products, Zeikus, J. G.; Jain, M. K.; Elankovan, P., Applied Microbiology and
Biotechnology, 1999

그림

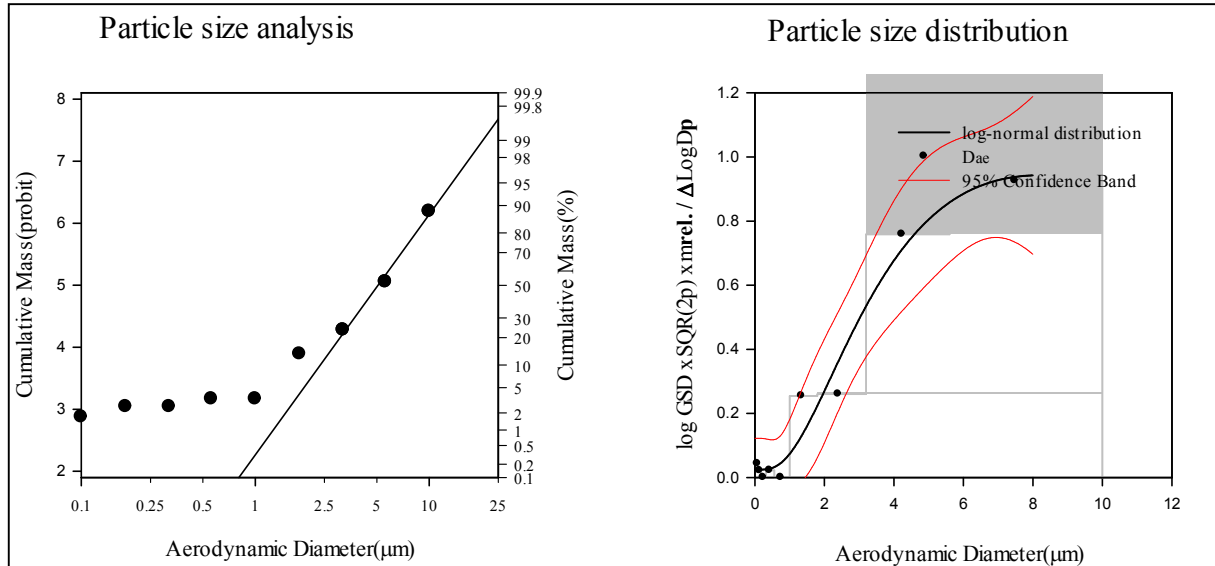
[그림 1] 실측 농도 (5 mg/L)



*Concentration limit is thin line in red color

**Target concentration is bold line in red color

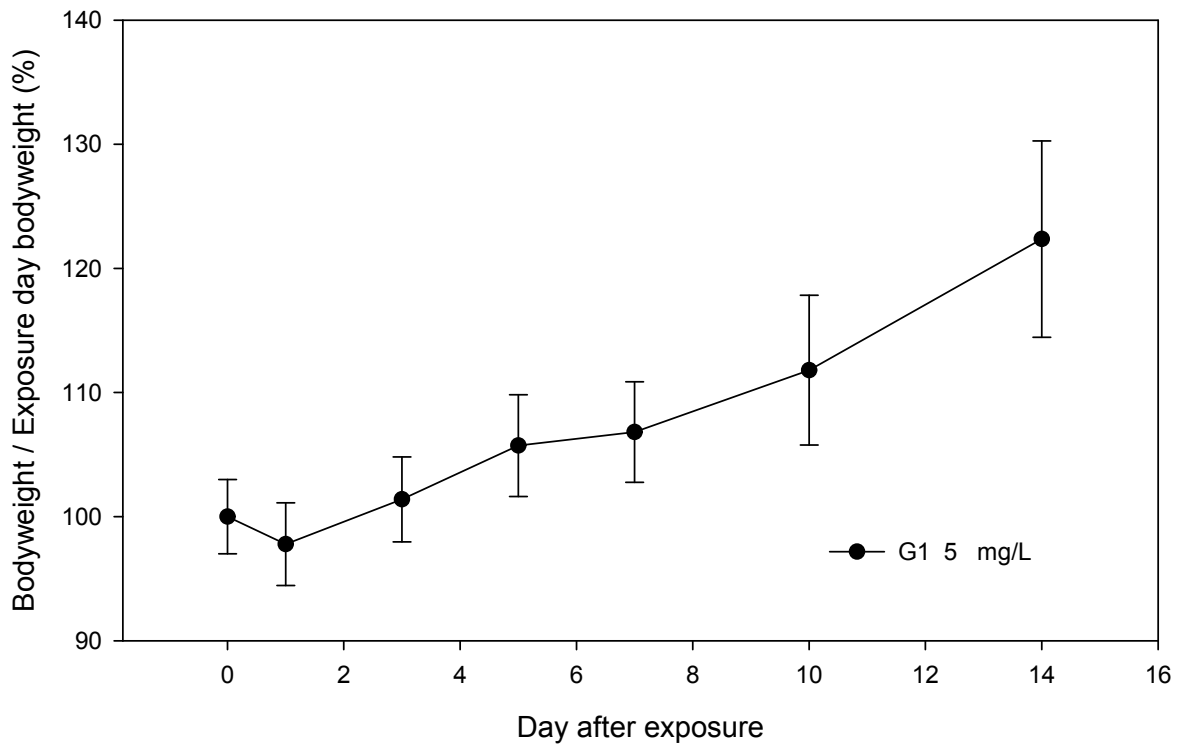
[그림 2] 입자크기 및 입경분포 (5 mg/L)



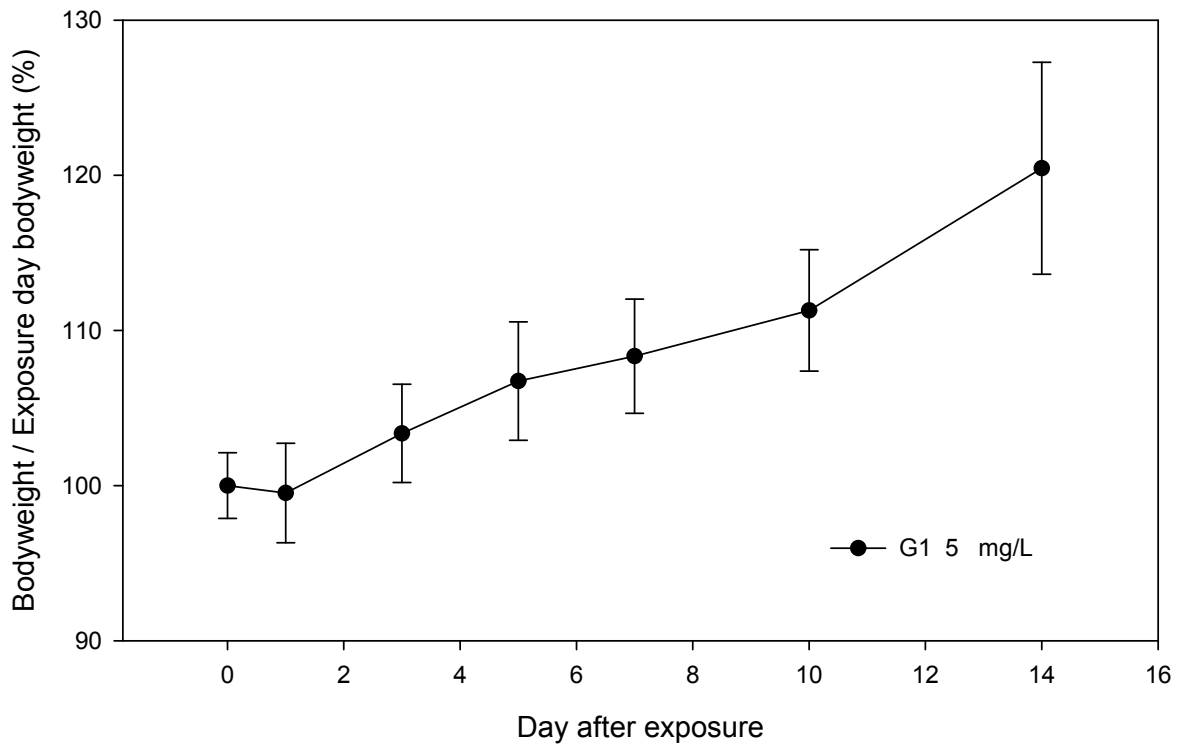
Mass Median Aerodynamic Diameter(MMAD) = 5.096 μm

Geometric Standard Deviation(GSD) = 1.8

[그림 3] 수컷 시험군의 체중변화



[그림 4] 암컷 시험군의 체중변화



표

<표 1> 비부노출 흡입챔버 환경측정

Parameters (Mean ± SD.)	Group
	G1
Temperature (°C)	24.35 ± 0.11
O ₂ (%)	21.39 ± 0.44
Differential pressure (pascal)	-65.80 ± 21.42

<표 2> 챔버내 농도

Concentrations	Group
	G1
Nominal concentration (mg/L)	29.397
Actual concentration (mg/L $\pm$ SD.)	4.878 $\pm$ 0.228
Ratio of error* (%)	- 2.44%
Ratio of concentration** (%)	16.59%

* Ratio of error (%) = (actual concentration - target concentration)/target concentration $\times$ 100

** Ratio of concentration (%) = actual concentration/nominal concentration $\times$ 100

<표 3> 입자크기 및 입경분포

Group	Mass median aerodynamic diameter (μm)	Geometric standard deviation
G1	5.906	1.8

<표 4> 일반증상

Group	Sex	No. of animals	Clinical sign	Observation time after exposure	
				0.5 h	1 h
G1	Male	3	No abnormality detected	3	3
	Female	3	No abnormality detected	3	3

<표 4> 일반증상 (계속)

Group	Sex	No. of animals	Clinical sign	Day after exposure														
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
G1	Male	3	No abnormality detected	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Female	3	No abnormality detected	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

<표 5> 체중측정

(Unit : g)

Group	Sex	Day after exposure						
		0	1	3	5	7	10	14
G1	Male (n=3)	299.69	293.03	303.86	316.85	320.12	335.06	366.71
		±8.97	±9.98	±10.25	±12.29	±12.13	±18.08	±23.70
	Female (n=3)	200.37	199.41	207.11	213.87	217.08	222.99	241.35
		±4.24	±6.42	±6.35	±7.65	±7.37	±7.84	±13.68

<표 6> 부검소견

Group	Sex	Organs	Gross findings
			G1
Male (n=3)	All organs	No gross finding	3
Female (n=3)	All organs	No gross finding	3

참 여 진

시 험 기 관 : 산업안전보건연구원 산업화학연구실

시험책임자 : 라 대 식 (연구원, 흡입독성연구센터)

시 험 물 질 : 이 도 연 (연구원, 흡입독성연구센터)

동 물 관 리 : 서 동 석 (연구위원, 흡입독성연구센터)

흡 입 노 출 : 김 태 현 (연구원, 흡입독성연구센터)

병리책임자 : 이 미 주 (연구위원, 흡입독성연구센터)

자 료 보 관 : 권 부 현 (연구위원, 흡입독성연구센터)

시 험 기 간

2018. 09. 12. ~ 2018. 10. 02.

본 시험보고서의 내용은 연구책임자의 개인적 견해이며, 우리 연구원의 공식견해와 다를 수도 있음을 알려드립니다.

산업안전보건연구원장

**SD 랫드를 이용한
Butanedioic acid의 급성흡입독성시험**

2019-연구원-607

발 행 일 : 2019년 10월 30일

발 행 인 : 산업안전보건연구원 원장 고재철

시험책임자 : 라대식

발 행 처 : 안전보건공단 산업안전보건연구원

주 소 : (34122)대전광역시 유성구 엑스포로339번길 30

전 화 : (042)869-8520

F A X : (042)869-8691

Homepage : <http://oshri.kosha.or.kr>
